

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/RU05/000112

International filing date: 10 March 2005 (10.03.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: RU  
Number: 2004106772  
Filing date: 11 March 2004 (11.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 19 May 2005 (19.05.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ



ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ  
ПРОМЫШЛЕННОЙ СОБСТВЕННОСТИ

Бережковская наб., 30, корп. 1, Москва, Г-59, ГСП-5, 123995  
Телефон 240 60 15. Телекс 114818 ПДЧ. Факс 243 33 37

Наш № 20/12-236

“12” апреля 2005 г.

## СПРАВКА

Федеральный институт промышленной собственности (далее – Институт) настоящим удостоверяет, что приложенные материалы являются точным воспроизведением первоначального описания, формулы, реферата и чертежей (если имеются) заявки № 2004106772 на выдачу патента на изобретение, поданной в Институт в марте месяце 11 дня 2004 года (11.03.2004).

**Название изобретения:**

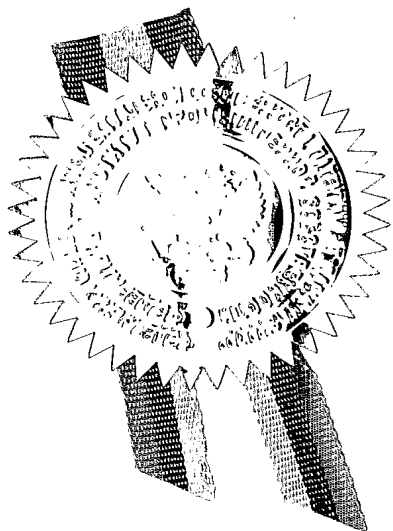
Система управления режимами электро-  
энергетических систем

**Заявитель:**

СУХАНОВ Олег Алексеевич  
МАКЕЕЧЕВ Василий Алексеевич

**Действительные авторы:**

СУХАНОВ Олег Алексеевич  
МАКЕЕЧЕВ Василий Алексеевич



Заведующий отделом 20

А.Л.Журавлев

2004106772



МКИ: G05 В 13/02

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Изобретение относится к автоматике и вычислительной технике и может быть использовано при решении задач управления режимами больших электроэнергетических систем, к которым предъявляются жесткие требования по быстродействию и надежности.

Известно устройство автоматизации для разработки и эксплуатации промышленных установок, в частности для разработки, проектирования, реализации, ввода в эксплуатацию, технического обслуживания и оптимизации отдельных компонентов установки или комплектных установок (Патент РФ №2213365, патентообладатель Сименс АГ, Германия), в котором на основе вычислительной машины создают математически-физические модели процесса, нейронные сетевые модели, системы с базой знаний, при этом децентрализованное ведение и оптимизацию процесса осуществляют за счет одного или нескольких связанных друг с другом в сеть пунктов управления с использованием современных средств коммуникации. Устройство содержит вычислительную машину, пункты управления, связанные между собою средствами коммуникации в виде телефонной, цифровой сети, спутниковой или интернет/интранет связи, которые выполнены в виде удаленных от установки технологических центральных пунктов управления, связанных с системой управления промышленной установки посредством дистанционной передачи данных.

Недостатком известного устройства является то, что оно решает задачу управления и оптимизации отдельных комплектных установок, являющихся системами малой размерности.

Наиболее близкой к предлагаемой является система управления для электростанции, содержащей множество энергетических блоков (Патент РФ №2138840, патентообладатель Сименс АГ, Германия), содержащая вычислительный блок, соединенный с ним через линии данных модуль

оптимизации, который соединен с множеством нейронных сетей, при этом вычислительный блок предназначен для определения с помощью генетического алгоритма задающих величин для того или иного энергетического блока электростанции, каждый энергетический блок через линии данных соединен с соответствующей нейронной сетью и с вычислительным блоком.

Недостатком данной системы управления является недостаточное быстродействие при решении задач оптимизации технологических процессов в больших промышленных системах, так как возникает необходимость передачи всей исходной информации о характеристиках объектов управления, входящих в систему, и заданных параметрах режима в центральное устройство управления, содержащее вычислительный блок и соединенный с ним модуль оптимизации. Необходима также обратная передача результатов решения от центрального устройства всем объектам управления, входящим в данную систему. Таким образом общий объем передаваемой информации для большой системы, имеющей значительную пространственную протяженность, оказывается очень большим. Другим недостатком известной системы управления является то, что в случае решения задачи оптимизации режима для большой системы, включающей большое количество энергетических блоков и представляемой системой уравнений высокого порядка, необходимые вычисления выполняются в модуле оптимизации этой системы управления в последовательном режиме. При высокой размерности решаемой задачи и значительном числе итераций, необходимых для ее решения в алгоритме оптимизации режима, объем вычислений оказывается громоздким и для решения данной задачи требуется значительное время.

Технической задачей, решаемой предлагаемой системой управления режимами электроэнергетических систем, является уменьшение общего объема информации, передаваемой при управлении режимами электроэнергетических систем, и повышение быстродействия.

Поставленная техническая задача решается тем, что в известной системе управления, состоящей из ряда подсистем, соединенных средствами связи с вычислительной машиной, и соединенным с нею модулем оптимизации, вычислительная машина выбрана как вычислительная машина верхнего уровня, а каждая подсистема снабжена вычислительной машиной нижнего уровня, на которой реализованы модуль оптимизации и блок расчета функциональных характеристик данной подсистемы, при этом система снабжена также средствами связи верхнего уровня и средствами связи нижнего уровня, вычислительные машины нижнего уровня через средства связи верхнего уровня соединены с вычислительной машиной верхнего уровня, а через средства связи нижнего уровня соединены с подсистемами.

Кроме того, вычислительная машина верхнего уровня выполняет расчет задающих переменных подсистем, являющихся оптимальными перетоками мощности между подсистемами.

Кроме того, модуль оптимизации выполнен в виде блока расчета внутреннего оптимального режима соответствующей подсистемы при известных оптимальных значениях граничных переменных.

Кроме того, блок расчета функциональных характеристик подсистемы реализует зависимость между граничными переменными подсистем и множителями Лагранжа подсистем при выполнении условий оптимальности режима подсистем и соблюдении внутренних ограничений в виде равенств и неравенств.

Кроме того, средства связи нижнего уровня и средства связи верхнего уровня могут быть реализованы в виде телефонной, цифровой сети, спутниковой или интернет/ интранет связи.

На фиг.1 представлена схематично структура предлагаемой системы управления режимами электроэнергетических систем.

На фиг.2 представлен алгоритм функционирования системы управления режимами электроэнергетических систем.

Предлагаемая система управления содержит подсистемы  $1, 2, \dots, N$  электроэнергетической системы, являющейся объектом управления, средства связи нижнего уровня 3, вычислительные машины нижнего уровня 4, в которых реализованы модули оптимизации 5 внутреннего режима подсистем и блоки 6 расчета функциональных характеристик подсистем  $1, 2, \dots, N$ . Вычислительные машины нижнего уровня 4 через средства связи нижнего уровня 3 соединены с подсистемами  $1, 2, \dots, N$ . Вычислительные машины нижнего уровня 4 через средства связи верхнего уровня 7 соединены с вычислительной машиной верхнего уровня 8.

На вычислительной машине 8 верхнего уровня реализован блок решения системы уравнений, определяющий оптимальные значения граничных переменных электроэнергетической системы.

Каждая из вычислительных машин нижнего уровня 4 находится в пределах одной из подсистем электроэнергетической системы. Вся относящаяся к одной из подсистем  $1, 2, \dots, N$  информация, необходимая для решения задачи расчета оптимального режима электроэнергетической системы, передается по средствам связи нижнего уровня 3 в соответствующую вычислительную машину нижнего уровня 4. Этот поток информации обозначен на фиг.1 как И1. Относящаяся к данной подсистеме информация о результатах расчета оптимального режима также передается по этим средствам связи. Этот поток информации обозначен на фиг.1 как И2. Направленный от каждой из вычислительных машин нижнего уровня 4 через средства связи верхнего уровня 7 к вычислительной машине верхнего уровня 8 поток информации содержит данные о функциональных характеристиках каждой подсистемы и обозначен на фиг.1 как ИФХ. В противоположном направлении по указанным средствам связи проходит поток информации, содержащий данные о граничных переменных каждой из подсистем  $1, 2, \dots, N$ , который обозначен на фиг.1 как ИГП.

При решении задачи расчета оптимального режима электроэнергетической системы устройство работает следующим образом. В

каждой из подсистем 1,2 ...N исходные данные, необходимые для решения задачи, поступают в потоке информации И1 по средствам связи нижнего уровня 3 в находящуюся в этой подсистеме вычислительную машину нижнего уровня 4. На основе этих данных и априорных данных о перетоках мощности на границах каждой подсистемы в модулях оптимизации 5 осуществляется расчет оптимального внутреннего режима каждой из подсистем. Затем в блоках 6 выполняется расчет функциональной характеристики каждой из подсистем, соответствующей рассчитанному в модуле оптимизации 5 внутреннему режиму. Данные о функциональной характеристике каждой из подсистем по средствам связи верхнего уровня 7 поступают в потоках информации, обозначенных на фиг.1 как ИФХ. в вычислительную машину верхнего уровня 8. На основе полученных данных в этой машине выполняется формирование и решение системы уравнений связи. В результате решения этой системы уравнений определяют вектор оптимальных значений граничных переменных на данной итерации, т.е. перетоков мощности между подсистемами, соответствующих параметрам функциональных характеристик и принятому выделению подсистем. Относящийся к каждой подсистеме подвектор полного вектора значений граничных переменных передается затем по средствам связи верхнего уровня 7 в потоках информации, обозначенных на фиг.1 как ИГП, и направленных в вычислительные машины 4 нижнего уровня. После этого в модулях оптимизации 5 заново выполняется расчет значений внутренних переменных, которые для принятой системы уравнений подсистемы отвечают рассчитанным на вычислительной машине верхнего уровня 8 значениям граничных переменных. Затем для рассчитанных значений внутренних переменных в блоках 6 заново вычисляются функциональные характеристики каждой подсистемы и информация о них еще раз передается в потоках информации, обозначенных на фиг.1 как ИФХ в вычислительную машину верхнего уровня 8, где заново выполняется формирование и решение системы уравнений связи. Значения перетоков мощности,

полученные на этом этапе в результате решения системы уравнений связи, сравнивают с соответствующими значениями на предыдущей итерации. В случае, если векторы перетоков мощности отличаются на векторную величину, меньшую, чем заданная, то полученный на последней итерации вектор рассматривается как вектор оптимальных значений перетоков мощности. Соответствующее сообщение и полученный вектор передают в потоке информации, обозначенном на фиг.1 как ИГП в вычислительные машины нижнего уровня 4. В этом случае рассчитанные еще раз в вычислительной машине нижнего уровня 4 значения внутренних переменных подсистем в полученном оптимальном режиме передают по сети связи нижнего уровня 3 в потоках информации, обозначенных на фиг.1 как И2, для выполнения в каждую подсистему. При невыполнении условий оптимальности в вычислительной машине верхнего уровня 8 итерационный процесс продолжается.

В представленном на фиг.2 алгоритме функционирования предлагаемой системы управления отражена следующая последовательность выполняемых действий: блок 9 – расчет внутреннего оптимального режима подсистем, блок 10 – расчет функциональных характеристик подсистем, блок 11- формирование и решение системы уравнений связи. Вычисления в блоках 9 и 10 выполняются в параллельном режиме на всех вычислительных машинах нижнего уровня 4, а вычисления в блоке 11 на вычислительной машине верхнего уровня 8. Показанная на данном алгоритме операция условного перехода 12 определяет условие прекращения процесса оптимизации режима.

Рассчитываемые в блоках 6 функциональные характеристики подсистем представляют зависимости между значениями множителей Лагранжа и производных от потерь мощности и значениями граничных переменных подсистем при выполнении условий оптимальности внутреннего режима подсистем и соблюдении внутренних ограничений в виде равенств и неравенств. Формируемая и решаемая на вычислительной машине



верхнего уровня 8 система уравнений связи имеет размерность числа граничных переменных подсистем в модели системы и включает уравнения, определяющие условия оптимальности для граничных переменных. (O.A.Soukhanov, S.C.Shil. Application of functional modeling to the solution of electrical power systems optimization problems. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 2000, № 2).

В качестве вычислительных машин верхнего 8 и нижнего 4 уровня могут быть использованы стандартные средства современной вычислительной техники. Средства связи нижнего уровня 3 и средства связи верхнего уровня 7 могут быть реализованы в виде телефонной, цифровой сети, спутниковой или интернет/интранет связи.

В предлагаемой системе по сравнению с централизованными системами управления многократно сокращается общий объем информации, который должен быть передан для решения задачи расчета оптимального режима большой электроэнергетической системы, и многократно уменьшается время, необходимое для ее решения. Таким образом значительно повышается быстродействие и общая эффективность функционирования системы управления. Эти преимущества достигаются благодаря параллельной и распределенной организации информационно-вычислительного процесса решения задачи управления (задачи расчета оптимального режима) в предлагаемой системе.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система управления режимами электроэнергетических систем, состоящей из ряда подсистем, соединенных средствами связи с вычислительной машиной, и соединенным с нею модулем оптимизации, отличающаяся тем, что вычислительная машина выбрана как вычислительная машина верхнего уровня, а каждая подсистема снабжена вычислительной машиной нижнего уровня, на которой реализованы модуль оптимизации и блок расчета функциональных характеристик данной подсистемы, при этом система снабжена также средствами связи верхнего уровня и средствами связи нижнего уровня, вычислительные машины нижнего уровня через средства связи верхнего уровня соединены с вычислительной машиной верхнего уровня, а через средства связи нижнего уровня соединены с подсистемами.

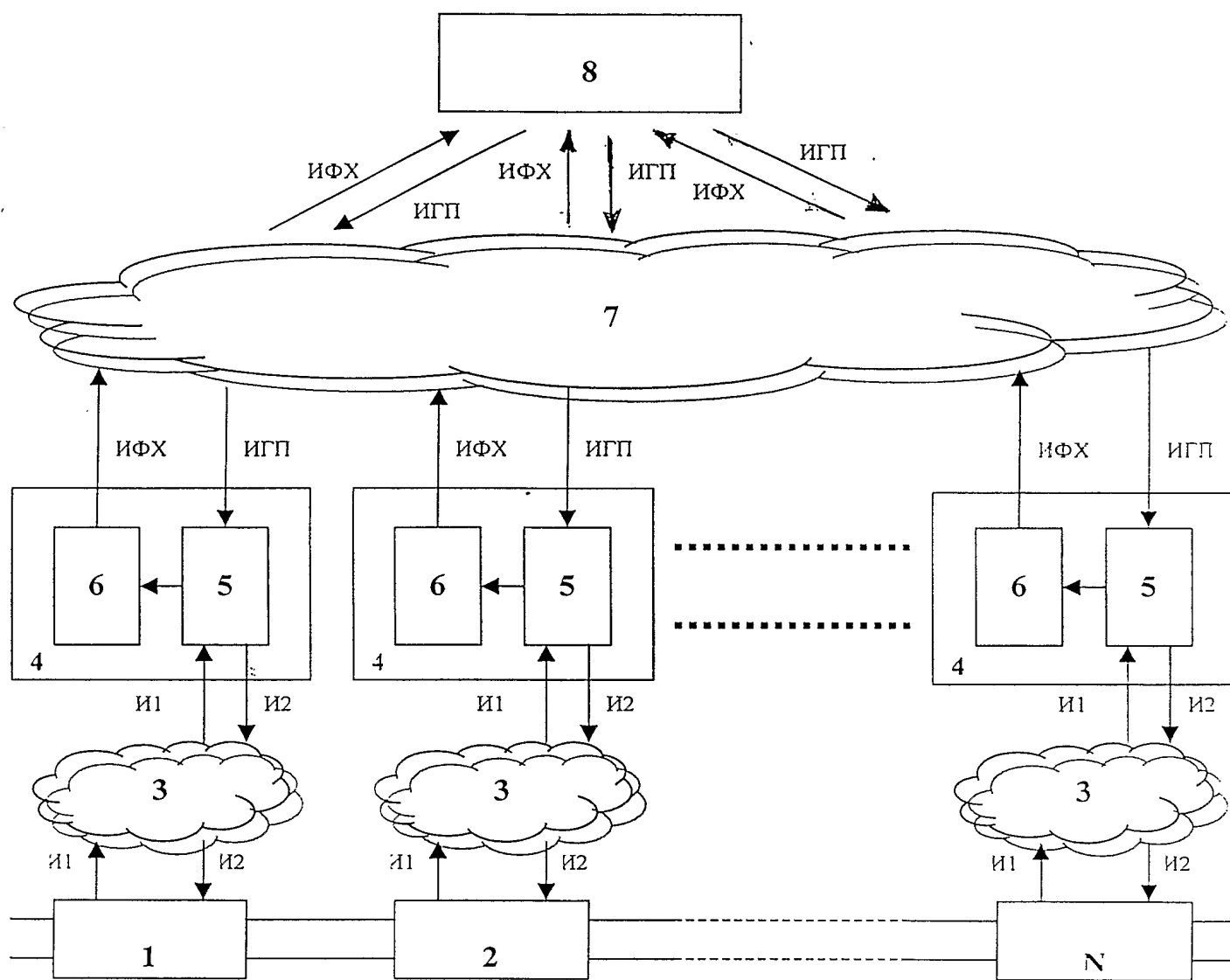
2. Система управления по п.1, отличающаяся тем, что вычислительная машина верхнего уровня выполняет расчет задающих переменных подсистем, являющихся оптимальными перетоками мощности между подсистемами.

3. Система управления по п.1, отличающаяся тем, что модуль оптимизации выполнен в виде блока расчета внутреннего оптимального режима соответствующей подсистемы при известных оптимальных значениях граничных переменных.

4. Система управления по п.1, отличающаяся тем, блок расчета функциональных характеристик подсистемы рассчитывает зависимость между граничными переменными подсистемы и множителями Лагранжа подсистем при выполнении условий оптимальности режима подсистем и соблюдении внутренних ограничений в виде равенств и неравенств.

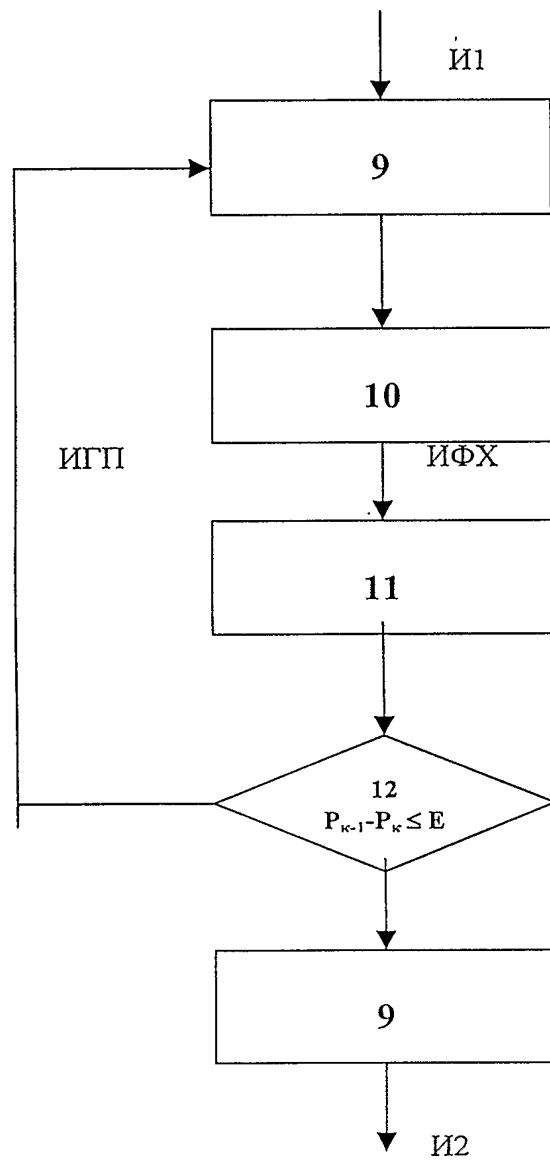
5. Система управления по п.1, отличающаяся тем, что средства связи нижнего уровня и средства связи верхнего уровня могут быть реализованы в виде телефонной, цифровой сети, спутниковой или интернет/интранет связи.

Система управления режимами электроэнергетических систем:



Фиг 1.

Система управления режимами электроэнергетических систем



Фиг 2

## Реферат

### Система управления режимами электроэнергетических систем

Изобретение относится к автоматике и вычислительной технике и может быть использована при решении задач управления режимами больших электроэнергетических систем, к которым предъявляются жесткие требования по быстродействию и надежности. Технической задачей, решаемой изобретением, является уменьшение общего объема информации, передаваемой при управлении режимами электроэнергетических систем, и повышение быстродействия. Поставленная техническая задача решается тем, что в известной системе управления, состоящей из ряда подсистем, соединенных средствами связи с вычислительной машиной, и соединенным с нею модулем оптимизации, вычислительная машина выбрана как вычислительная машина верхнего уровня, а каждая подсистема снабжена вычислительной машиной нижнего уровня, на которой реализованы модуль оптимизации и блок расчета функциональных характеристик данной подсистемы, при этом система снабжена также средствами связи верхнего уровня и средствами связи нижнего уровня, вычислительные машины нижнего уровня через средства связи верхнего уровня соединены с вычислительной машиной верхнего уровня, а через средства связи нижнего уровня соединены с подсистемами.

4 з.п.ф., 2 илл.